

D2

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-207814

(43)Date of publication of application : 11.09.1991

(51)Int.Cl.

C21D 8/02
// C22C 38/00
C22C 38/32

(21)Application number : 02-003189

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 10.01.1990

(72)Inventor : NISHIOKA KIYOSHI
WATABE YOSHIYUKI
TAMEHIRO HIROSHI**(54) MANUFACTURE OF LOW YIELD RATIO HIGH TENSILE STRENGTH STEEL PLATE**

(57)Abstract:

PURPOSE: To manufacture the low yield ratio high tensile strength steel plate by subjecting a slab having a specified compsn. constituted of C, Si, Mn, Cr, Mo, Nb, Ti, B, Al, N and Fe to specified hot rolling, cooling, quenching and tempering.

CONSTITUTION: A slab contg., by weight, 0.08 to 0.18% C, $\leq 0.6\%$ Si, 1.5 to 1.6% Mn, 0.4 to 1.5% Cr, 0.2 to 0.5% Mo, 0.005 to 0.05% Nb, 0.005 to 0.03% Ti, 0.0005 to 0.003% B, $\leq 0.10\%$ Al and $\leq 0.006\%$ N, furthermore contg., at need, one or more kinds among $\leq 1.0\%$ Ni, $\leq 1.0\%$ Cu, $\leq 0.1\%$ V and 0.001 to 0.005% Ca and the balance Fe with inevitable impurities is heated to 1100 to 1250°C and is thereafter rolled. After finishing the rolling at 800 to 950°C, the steel plate is cooled by air-cooling to $\leq 300^\circ\text{C}$. After that, the steel plate is heated to the Ac1 to the Ac3, is thereafter rapidly cooled, is tempered at 400 to 580°C and is thereafter air-cooled. In this way, the low yield ratio high tensile strength steel plate having about $\geq 70\text{kg f/mm}^2$ tensile strength can be obtd.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) Office des Brevets Japonais

(12) Demande publiée et non examinée (A)

(11) 3-207814

(51) Cl Int ⁵	N° d'identification	Référence JPO	(43) Publiée le 11/09/1991
C 21 D 8/02	A	7139-4K	
// C 22 C 38/00	301 A	7047-4K	
38/32			

Nombre de revendications : 2

(54) Titre de l'invention : Méthode de production de tôles en acier à haute résistance et faible rapport de limite élastique

(21) Numéro de dépôt : H2-3189

(22) Date de dépôt : 10/01/1990

(72) Inventeur : Kiyoshi NISHIOKA, NIPPON STEEL CORP.- Usine de Kimitsu

(72) Inventeur : Yoshiyuki WATANABE, NIPPON STEEL CORP.- Usine de Kimitsu

(72) Inventeur : Hiroshi TAMEHIRO, NIPPON STEEL CORP.- Usine de Kimitsu

(71) Déposant : NIPPON STEEL CORP.

(74) Mandataire : Kazuo OHZEKI

Description**1. Titre de l'invention**

Méthode de production de tôles en acier à haute résistance à la traction et faible rapport de limite élastique

2. Revendications

(1) Tôle en acier à haute résistance à la traction et faible rapport de limite élastique, caractérisée en ce qu'elle est obtenue à partir d'une brame en acier ayant la composition chimique ci-dessous (en poids %) :

C : 0,08 ~ 0,18 %

Si : ≤ 0,6 %

Mn : 0,5 ~ 1,6 %

Cr : 0,4 ~ 1,5 %

Mo : 0,2 ~ 0,5 %

Nb : 0,005 ~ 0,05 %

Ti : 0,005 ~ 0,03 %

B : 0,0005 ~ 0,003 %

Al : ≤ 0,10 %

N : ≤ 0,006 %,

le reste étant du Fe et les impuretés inévitables. Ladite brame est réchauffée à 1 100 ~ 1 250°C, laminée à chaud avec une température de fin de 800 ~ 950°C et refroidie à l'air jusqu'à une température ≤ 300°C. Elle est ensuite réchauffée à la température Ac₁ ~ Ac₃ avant d'être soumise à un refroidissement rapide suivi d'un revenu à 400 ~ 580°C et d'un refroidissement à l'air.

(2) Tôle en acier à haute résistance à la traction et faible rapport de limite élastique, caractérisée en ce qu'elle est obtenue à partir d'une brame en acier ayant la composition chimique ci-dessous (en poids %) :

C : 0,08 ~ 0,18 %

Si : $\leq 0,6$ %

Mn : 0,5 ~ 1,6 %

Cr : 0,4 ~ 1,5 %

Mo : 0,2 ~ 0,5 %

Nb : 0,005 ~ 0,05 %

Ti : 0,005 ~ 0,03 %

B : 0,0005 ~ 0,003 %

Al : $\leq 0,10$ %

N : $\leq 0,006$ %,

ainsi qu'un ou plusieurs des éléments suivants :

Ni : $\leq 1,0$ %

Cu : $\leq 1,0$ %

V : $\leq 0,1$ %

Ca : 0,001 ~ 0,005 %,

le reste étant du Fe et les impuretés inévitables. Ladite brame est réchauffée à 1 100 ~ 1 250°C, laminée à chaud avec une température de fin de 800 ~ 950°C et refroidie à l'air jusqu'à une température $\leq 300^\circ\text{C}$. Elle est ensuite réchauffée à la température $\text{Ac}_1 \sim \text{Ac}_3$ avant d'être soumise à un refroidissement rapide suivi d'un revenu à 400 ~ 580°C et d'un refroidissement à l'air.

3. Explication détaillée de l'invention

(Domaines d'application industrielle)

L'invention concerne une méthode de production de tôles en acier à haute résistance à la traction et faible rapport de limite élastique, dotées d'une résistance à la traction $\geq 70 \text{ kgf/mm}^2$.

(Art antérieur)

Depuis ces dernières années, le secteur des aciers de construction, et en particulier des aciers utilisés destinés au secteur du bâtiment (tôles, tubes ou profilés), fait l'objet d'une demande en termes de tôles à haute résistance à la traction et faible rapport de limite élastiques, et dotées d'excellentes propriétés parasismiques.

Face à cette demande, des méthodes de production de tôles en acier à haute résistance à la traction et faible rapport de limite élastique ont été proposées par exemple dans les demandes de brevets publiées sous les numéros JP55-41927 et JP55-97425. La première méthode consiste à combiner un laminage contrôlé et un refroidissement contrôlé, la seconde est une méthode de trempe et revenu (QT). Cependant, avec ces deux méthodes, s'il est possible d'obtenir un excellent rapport de limite élastique dans le cas de tôles de 60 kgf/mm^2 de résistance à la traction, il est impossible d'obtenir un rapport de limite élastique suffisamment bas (≤ 80 %) pour des tôles $\geq 70 \text{ kgf/mm}^2$, voire $\geq 80 \text{ kgf/mm}^2$.

(Problèmes résolus par l'invention)

L'invention a pour objectif de résoudre ces problèmes de l'art antérieur et de proposer une méthode de production de tôles en acier à haute résistance à la traction ($\geq 70 \text{ kgf/mm}^2$) et dotées d'un très faible rapport de limite élastique, grâce à la mise au point de compositions chimiques et des conditions de fabrication optimales.

(Moyens employés pour résoudre les problèmes)

L'invention comporte les points essentiels suivants :

(1) Tôle en acier à haute résistance à la traction et faible rapport de limite élastique, caractérisée en ce qu'elle est obtenue à partir d'une brame en acier ayant la composition chimique ci-dessous (en poids %) :

C : 0,08 ~ 0,18 %
 Si : $\leq 0,6$ %
 Mn : 0,5 ~ 1,6 %
 Cr : 0,4 ~ 1,5 %
 Mo : 0,2 ~ 0,5 %
 Nb : 0,005 ~ 0,05 %
 Ti : 0,005 ~ 0,03 %
 B : 0,0005 ~ 0,003 %
 Al : $\leq 0,10$ %
 N : $\leq 0,006$ %,

le reste étant du Fe et les impuretés inévitables. Ladite brame est réchauffée à 1 100 ~ 1 250°C, laminée à chaud avec une température de fin de 800 ~ 950°C et refroidie à l'air jusqu'à une température $\leq 300^\circ\text{C}$. Elle est ensuite réchauffée à la température $A_{c1} \sim A_{c3}$ avant d'être soumise à un refroidissement rapide suivi d'un revenu à 400 ~ 580°C et d'un refroidissement à l'air.

(2) Tôle en acier à haute résistance à la traction et faible rapport de limite élastique, caractérisée en ce qu'elle est obtenue à partir d'une brame en acier ayant la composition chimique ci-dessous (en poids %) :

C : 0,08 ~ 0,18 %
 Si : $\leq 0,6$ %
 Mn : 0,5 ~ 1,6 %
 Cr : 0,4 ~ 1,5 %
 Mo : 0,2 ~ 0,5 %
 Nb : 0,005 ~ 0,05 %
 Ti : 0,005 ~ 0,03 %
 B : 0,0005 ~ 0,003 %
 Al : $\leq 0,10$ %
 N : $\leq 0,006$ %,

ainsi qu'un ou plusieurs des éléments suivants :

Ni : $\leq 1,0$ %
 Cu : $\leq 1,0$ %
 V : $\leq 0,1$ %
 Ca : 0,001 ~ 0,005 %,

le reste étant du Fe et les impuretés inévitables. Ladite brame est réchauffée à 1 100 ~ 1 250°C, laminée à chaud avec une température de fin de 800 ~ 950°C et refroidie à l'air jusqu'à une température $\leq 300^\circ\text{C}$. Elle est ensuite réchauffée à la température $A_{c1} \sim A_{c3}$ avant d'être soumise à un refroidissement rapide suivi d'un revenu à 400 ~ 580°C et d'un refroidissement à l'air.

(Mise en oeuvre)

En général, le rapport de limite élastique des aciers augmente proportionnellement à la résistance. Autrement dit, comme une résistance élevée fait obstacle à l'obtention d'un faible rapport de limite élastique, il faut sélectionner les compositions chimiques et conditions de

fabrication optimales si l'on veut obtenir des tôles en acier à haute résistance à la traction qui offrent également un très faible rapport de limite élastique.

L'invention met en évidence les conditions de compositions chimiques et de fabrication requises pour garantir la résistance à la traction et la ténacité du substrat et obtenir un faible rapport de limite élastique pour des tôles en acier à haute résistance à la traction $\geq 70 \text{ kgf/mm}^2$.

Les recherches menées par les inventeurs font apparaître que l'obtention de tôles en acier à haute résistance à la traction et dotées d'un très faible rapport de limite élastique est subordonnée à la réalisation d'une structure mixte constituée d'une phase de base de bainite supérieure (ferrite bainitique) homogène dans laquelle est diffusée finement une phase de martensite revenue de taille adéquate. Pour obtenir une structure mixte contenant une phase de martensite, une trempe des aciers depuis la température $Ac_1 \sim Ac_3$ et un revenu sont généralement efficaces, mais pour obtenir une phase de martensite ayant la taille et le mode de diffusion adéquats, la structure avant la trempe doit absolument être contrôlée. Pour ce faire, il est nécessaire d'optimiser les compositions chimiques et les conditions de laminage des aciers, de même qu'il faut être attentif à la température de revenu.

Les raisons des fourchettes de compositions chimiques sont expliquées ci-après.

Le C assure la trempabilité lors du traitement de trempe depuis la température $Ac_1 \sim Ac_3$ et doit être ajoutée en quantité $\geq 0,08 \%$ pour obtenir une phase de martensite. Cependant, une addition excessive de C entraînant une dégradation de la soudabilité, la limite supérieure a été fixée à $0,18 \%$.

Le Si est utilisé pour la désoxydation de l'acier, mais une addition excessive nuit à la soudabilité et à la ténacité de la ZAC. Par conséquent, la limite supérieure de Si a été fixée à $0,6 \%$.

Le Mn est un élément utile pour garantir la résistance, la ténacité et la trempabilité et doit être ajouté dans une teneur $\geq 0,5 \%$. Cependant, comme une teneur excessive en Mn nuit à la soudabilité et à la ténacité de la ZAC ou induit une fragilisation au revenu, la limite supérieure a été fixée à $1,6 \%$.

Le Cr augmente la résistance du substrat et exige une addition $\geq 0,4 \%$. Cependant, une teneur en Cr supérieure à $1,5 \%$ nuit à la soudabilité et à la ténacité de la ZAC, aussi la limite supérieure a été fixée à $1,5 \%$.

Le Mo augmente à la fois la résistance et la ténacité, mais ces effets ne peuvent pas être obtenus si l'addition n'est pas $\geq 0,2 \%$. Cependant, au-delà de $0,5 \%$, il induit une dégradation de la ténacité des soudures et de la soudabilité, c'est la raison pour laquelle sa limite supérieure a été fixée à $0,5 \%$.

Le Nb est efficace pour améliorer la résistance et la ténacité et, dans l'invention qui pratique le laminage dans le domaine non recristallisé, c'est un élément nécessaire pour obtenir une phase de martensite ayant la taille adéquate à l'état brut de refroidissement à l'air après le laminage et pour assurer la ténacité du substrat. Sa teneur doit être $\geq 0,005 \%$, mais comme une addition excessive nuit à la ténacité de la ZAC, la limite supérieure a été fixée à $0,05 \%$.

Le Ti est efficace pour assurer la ténacité du substrat en contrôlant le grossissement des grains d'austénite durant le réchauffage, une microaddition s'avère utile pour augmenter la ténacité de la ZAC. Cependant, une addition inférieure à $0,005 \%$ ne donne pas d'effet, tandis qu'une addition excédant $0,03 \%$ provoque un durcissement par précipitation de TiC nuisant à la ténacité de la ZAC, d'où la fourchette d'addition fixée à $0,005 \sim 0,03 \%$.

Le B est un élément essentiel qui augmente la trempabilité et garantit la résistance et la ténacité du substrat. En particulier dans l'invention, son addition est indispensable pour garantir la résistance grâce à l'obtention d'une phase de bainite supérieure (ferrite bainitique) homogène contenant une phase de martensite ayant la taille adéquate à l'état brut de refroidissement à l'air après le laminage. Une addition de B inférieure à $0,0005 \%$ n'est pas

efficace, tandis qu'une addition supérieure à 0,003 % détériore considérablement la trempabilité, c'est la raison pour laquelle la fourchette d'addition a été fixée à 0,0005 ~ 0,003 %.

L'Al est généralement contenu dans l'acier en tant que désoxydant, mais comme il est également possible de désoxyder avec Si, Mn ou Ti, l'invention ne fixe pas de limite inférieure pour Al. Cependant, comme une teneur excessive en Al nuit à la propreté de l'acier et dégrade la ténacité de la ZAC, la limite supérieure a été fixée à 0,006 %.

Enfin, P et S sont contenus dans l'acier en tant qu'impuretés inévitables. Leur teneur ne fait pas l'objet de restrictions particulières pour l'invention, mais du point de vue de leurs effets néfastes sur la ténacité du substrat et des soudures, il est préférable de les réduire à des teneurs minimales, respectivement $\leq 0,03$ % et $\leq 0,01$ %.

Les tôles produites selon l'invention contiennent également un ou plusieurs éléments choisis parmi : Ni : $\leq 1,0$ %, Cu : $\leq 1,0$ %, V : $\leq 0,1$ % et Ca : 0,001 ~ 0,005 %.

Les principaux objectifs de l'addition de ces éléments visent à augmenter la résistance et la ténacité et permettre d'élargir la gamme des épaisseurs de tôles, sans nuire aux caractéristiques des tôles produites selon l'invention. Les teneurs ajoutées devraient être limitées du point de vue notamment de la soudabilité et de la ténacité de la ZAC.

Le Ni permet d'améliorer la résistance et la ténacité du substrat sans nuire à la durcissabilité et à la ténacité de la ZAC, mais une teneur supérieure à 1,0 % n'est pas souhaitable du point de vue de la durcissabilité et de la ténacité de la ZAC, d'où la limite supérieure fixée à 1,0 %.

Le Cu permet non seulement d'obtenir les mêmes effets que le Si, mais il est également intéressant pour ses propriétés de résistance à la corrosion et à la fissuration induite par l'hydrogène. Cependant, une teneur supérieure à 1,0 % gêne la production en raison de la formation de fissures de Cu¹ en cours de laminage.

Le V a un effet d'amélioration de la résistance par la formation de carbonitrides fins, mais comme une addition supérieure à 0,1 % entraîne une dégradation de la ténacité, la limite supérieure a été fixée à 0,1 %.

Le Ca a pour effets d'augmenter la ténacité à basse température en contrôlant la morphologie des sulfures et en augmentant l'énergie d'absorption Charpy, ainsi que d'améliorer la résistance à la fissuration induite par l'hydrogène. Cependant, une teneur en Ca inférieure à 0,001 % n'est pas efficace sur le plan industriel, tandis qu'une teneur supérieure à 0,005 % forme de grandes quantités de CaS et CaO qui se transforment en grosses inclusions et nuisent à la fois à la ténacité et à la propreté de l'acier ainsi qu'à sa soudabilité, aussi la fourchette d'addition de Ca a été fixée à 0,001 ~ 0,005 %.

La méthode de production des tôles munies des différentes compositions décrites précédemment est présentée ci-dessous.

Tout d'abord, la température de réchauffage des brames doit être de 1 100 ~ 1 250°C. Une température de réchauffage inférieure à 1 100°C entraîne une insuffisance de mise en solution solide de Nb qui ne permet pas de garantir la résistance. La limite supérieure de la température de réchauffage doit être $\leq 1\ 250^\circ\text{C}$ afin de garantir la ténacité du substrat tout en prévenant le grossissement de l'austénite. Il est également possible de procéder au laminage immédiatement après la coulée des brames ou immédiatement après une étape de maintien à une température $\geq A_{r3}$ après la coulée, sans recourir au réchauffage après le refroidissement à une température inférieure à A_{r3} après la coulée.

La température de fin de laminage doit être de 800 ~ 950°C. Un laminage se terminant à une température inférieure à 800°C entraîne un affinement excessif ou un allongement des grains d'austénite qui réduisent la trempabilité et ne permettent pas de garantir la résistance.

¹ N.D.T. : « Cu crack » en anglais dans le texte japonais

Inversement, une température de fin de laminage supérieure à 950°C produit un affinement insuffisant des grains d'austénite induisant une détérioration de la ténacité du substrat. Ensuite, le refroidissement après le laminage doit être exécuté à l'air. Un refroidissement à l'eau (refroidissement rapide) donne une structure de martensite ou de bainite inférieure, et dans une structure homogène de ce type, les carbures deviennent extrêmement fins. Les recherches menées par les inventeurs montrent que, lorsque la trempe est exécutée depuis la température $Ac_1 \sim Ac_3$ sur une structure préalable comportant des carbures aussi fins, la taille de la martensite de la structure obtenue au final n'est pas suffisamment importante et il est impossible d'obtenir un faible rapport de limite élastique. Pour produire des aciers présentant une résistance élevée et un faible rapport de limite élastique, il faut que la structure brute de laminage, c'est-à-dire avant la trempe depuis $Ac_1 \sim Ac_3$, soit une structure de bainite supérieure (ferrite bainitique) contenant une phase de martensite ayant la taille adéquate, c'est la raison pour laquelle le refroidissement doit être effectué depuis le refroidissement à l'air après le laminage jusqu'à une température $\leq 300^\circ\text{C}$.

Les raisons du choix de la méthode de traitement thermique après le laminage sont maintenant étudiées. Après l'obtention par laminage de la structure préalable adéquate décrite précédemment, les tôles sont soumises à une trempe depuis la température $Ac_1 \sim Ac_3$ suivie d'un revenu, afin d'obtenir un très faible rapport de limite élastique. La trempe depuis la température $Ac_1 \sim Ac_3$ vise à produire une transformation inverse de la phase de martensite obtenue par le laminage en une phase γ pour mieux estimer la concentration de C et accroître l'écart de résistance avec la bainite supérieure (ferrite bainitique) correspondant à la structure de base, ce qui permet de réaliser un faible rapport de limite élastique. Un réchauffage à une température inférieure à Ac_1 ne permet pas la transformation inverse, tandis qu'un réchauffage supérieur à Ac_3 donne une structure entièrement γ , ne permettant pas de tirer parti des avantages de la structure préalable obtenue par le laminage, c'est la raison pour laquelle cette température de réchauffage a été fixée dans la fourchette $Ac_1 \sim Ac_3$. La martensite de la structure ainsi obtenue est fragile et pose un problème de ténacité à basse température, c'est la raison pour laquelle on procède à un revenu. En dessous de 400°C, le revenu est insuffisant, tandis qu'au-delà de 580°C, il entraîne une baisse de la résistance. La température de revenu a donc été fixée à 400 ~ 580°C.

L'invention est applicable à diverses nuances d'aciers, essentiellement aux tôles fortes en acier ayant une résistance à la traction $\geq 70 \text{ kgf/mm}^2$ et une épaisseur $\leq 80 \text{ mm}$, ainsi qu'aux mêmes tôles utilisées pour fabriquer des tubes par enroulement de celles-ci.

(Exemples d'application)

L'invention est expliquée à l'aide d'exemples d'application.

Le tableau n°1 montre les compositions chimiques des échantillons, le tableau n°1 (suite) montre les conditions de production et les caractéristiques mécaniques de ces échantillons. Dans ces deux tableaux, les références A ~ E correspondent aux exemples selon l'invention, tandis que les références F ~ G correspondent aux contre-exemples. Les exemples selon l'invention A ~ E présentent une résistance élevée $\geq 70 \text{ kgf/mm}^2$, ainsi qu'un excellent rapport de limite élastique $\leq 80 \%$. En revanche, le contre-exemple F, qui a été refroidi à l'eau immédiatement après le laminage, présente avant la trempe depuis $Ac_1 \sim Ac_3$ une structure homogène de martensite ou de bainite inférieure, ne permettant pas d'obtenir, après la trempe et le revenu, un produit final ayant un rapport de limite élastique satisfaisant $\leq 80 \%$. Le contre-exemple G, qui est exempt de Nb et de B, présente une structure brute de laminage contenant de la ferrite et une mauvaise résistance inférieure à 70 kgf/mm².

Tableau 1 Compositions chimiques

Domaines	Ref.	Compositions chimiques															Point de (°C) transformation	
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Al	N	NI	Co	V	Ca	Ac ₁		
Invention	A	0.12	0.32	1.48	0.40	0.25	0.020	0.011	0.0005	0.024	0.0011	-	-	-	-	730	880	
	B	0.16	0.47	0.55	0.59	0.21	0.008	0.005	0.0013	0.066	0.0020	-	-	-	0.0038	730	875	
	C	0.13	0.25	0.92	0.87	0.39	0.016	0.015	0.0010	0.025	0.0028	-	-	0.041	0.0021	735	870	
	D	0.09	0.08	1.20	0.91	0.43	0.027	0.008	0.0025	0.001	0.0055	0.22	0.18	0.064	-	720	855	
	E	0.13	0.18	1.00	0.92	0.33	0.013	0.013	0.0028	0.022	0.0017	0.17	0.20	0.038	0.0025	725	845	
Contre-exemples	F	0.13	0.24	0.90	0.89	0.35	0.018	0.015	0.0010	0.023	0.0025	-	-	0.045	-	735	865	
	G	0.14	0.25	1.00	0.90	0.41	-	0.013	-	0.025	0.0020	-	-	-	-	735	865	

* "Extrêmes" des contre-exemples

Tableau 1 (suite) Conditions de fabrication et propriétés mécaniques

Domaines	Réf.	Épaisseur (mm)	Conditions de laminage			Conditions de traitement thermique		Propriétés mécaniques				
			T° de réchauffage (°C)	T° de finition (°C)	Refroidissement	T° de trempe (°C)	T° de revenu (°C)	TS (kgf/mm ²)	YS (kgf/mm ²)	YR (%)	VB-20 (kgf/mm ²)	
Invention	A	40	1200	800	Air	775	500	75.6	57.1	75.5	23.4	
	B	16	1100	830	Air	750	450	86.7	67.8	78.2	26.6	
	C	30	1220	900	Air	825	550	85.4	66.0	77.6	25.4	
	D	50	1200	920	Air	800	580	83.2	65.3	78.5	22.8	
	E	25	1150	850	Air	820	480	84.6	64.5	76.3	23.9	
Contre-exemples	F	30	1200	900	Eau	800	500	85.5	71.1	83.2	25.2	
	G	25	1200	900	Air	820	480	65.4	51.2	78.3	26.9	

* "Extrêmes" des contre-exemples

(Effets de l'invention)

Comme nous venons de le montrer, l'invention offre un moyen révolutionnaire de production de tôles en acier à haute résistance à la traction, combinant un très faible rapport de limite élastique et une résistance ≥ 70 kgf/mm².